ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು

ವಿ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶರ್ಮ



ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

49

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು

ವಿ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶರ್ಮ

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

KAPPU RANDRAGALU—by V. T. S. Sharma,
Published by Prasaranga, Bangalore University,
Bangalore ; Pp. 48+viii

ಪ್ರಕಾಶಕರು :
ಹೆಚ್. ಆರ್. ದಾಸೇಗೌಡ
ನಿರ್ದೇಶಕ, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು-560056

ಬೆಲೆ : 50 ಪೈಸೆ

ಮುದ್ರಣ :
ಪ್ರಸಾರಾಂಗ, ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

ಮುನ್ನುಡಿ

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು ಕೇವಲ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಕೇಂದ್ರ ಗಳಾದರೆ ಸಾಲದು. ಅವು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಜನತೆಯ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ – ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಆಗುಹೋಗುಗಳಲ್ಲಿ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿ ಪಾಲ್ಗೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಪಾಠಪ್ರವಚನ, ಉನ್ನತ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಗಳ ಕಾರ್ಯವ್ಯಾಪ್ತಿ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಬಾರದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನತೆಯಲ್ಲಿ ಅರಿವಿನ ಸಿರಿಯನ್ನು ಹಂಚುವ ಹೊಣೆ ಹೊತ್ತು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು ಜ್ಞಾನ ಪ್ರ ಸಾ ರ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿ ಮುನ್ನಡೆಯಬೇಕು.

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಕಳೆದ ನಾಲ್ಕೈದು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ನಗರದ ನಾನಾ ಸಂಘಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾರ್ಖಾನೆ ಕಾರ್ಮಿಕ ಕೂಟಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಗ್ರಾಮಾಂತರ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತ ಬಂದಿದೆ. ಆಯಾ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಣತರಾದವರು ಭಾಷಣಗಳನ್ನು ನೀಡಿ, ಅನಂತರ ಅವುಗಳನ್ನು ಪುಸ್ತಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲು ನಮ್ಮೊಡನೆ ಸಹಕರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ. ಅತ್ಯಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಜನತೆಯ ಕೈಸೇರಲೆಂದು ಈ ಕಿರುಹೊತ್ತಿಗೆ ಗಳನ್ನು ಸುಲಭ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕಾರಗಳ ಶ್ರೀಮಂತಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಜನಸಾಮಾನ್ಯರ ತಿಳಿವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವ ದಿಸೆಯಲ್ಲಿ

ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಲೆಂದು ನಾನು ಮನಸಾರೆ ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಈ ಉಪಯುಕ್ತ ಕೃತಿಯನ್ನು ಹೊರತರುವಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜೊತೆ ಸಹಕರಿಸಿದ ಶ್ರೀಮಾನ್ ವಿ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶರ್ಮ ಅವರಿಗೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು.

ಎಚ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯ
ಉಪಕುಲಪತಿ

ಅರಿಕೆ

"ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು" ಇದೀಗ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ರೂಪವನ್ನು ತಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಮೇಲುನೋಟಕ್ಕೆ ಜಾನಪದ ಕಥೆಗಳ ವಿಚಿತ್ರ ವಸ್ತುವಿನಂತೆ ಕಂಡುಬಂದರೂ ಇವುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಖಂಡಿತ ಎಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಘೋಷಿಸುವ ಕಾಲ ಬಹಳ ದೂರವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸ್ವರೂಪದ ಚಿತ್ರ ಜನ ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಅಗತ್ಯ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿ ಇಡುತ್ತಿದ್ದೇನೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ವಿವಿಧ ಲೇಖನಗಳು ಆಧಾರ. ಆ ಲೇಖನಗಳ ಗಹನವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬಿಟ್ಟು ಮೂಲ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅಗತ್ಯವಾದ ವಿವರಣೆಯೊಂದಿಗೆ ಇಲ್ಲಿ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವಿವರಣೆ ಸರಳವಾಗಿದ್ದು ಓದುಗರನ್ನು ಪೇಚಿಗೆ ಈಡುಮಾಡದಿದ್ದಲ್ಲಿ ನನ್ನ ಶ್ರಮ ಸಾರ್ಥಕ.

ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಬರೆಯಲು ನನಗೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹವನ್ನೂ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನವನ್ನೂ ನೀಡಿದ ನನ್ನ ಗೆಳೆಯರಾದ ಶ್ರೀ ಕೆ. ಆರ್. ಶ್ರೀನಿವಾಸಮೂರ್ತಿ (ಇಂಜಿನಿಯರ್, ಇಂಡಿಯನ್ ಸೆಟಲೈಟ್ ಪ್ರಾಜೆಕ್ಟ್) ಹಾಗೂ ಶ್ರೀ ಕ. ರಾ. ಮೋಹನ್ (ಅಧ್ಯಾಪಕರು, ಬಿ.ಎಮ್.ಎಸ್. ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಕಾಲೇಜು) ಅವರಿಗೆ ನಾನು ಚಿರಋಣಿ. ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರಲು ಕಾರಣವಾದ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಪ್ರಸಾರಾಂಗಕ್ಕೆ ನನ್ನ ವಂದನೆಗಳು.

ಎ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶರ್ಮ

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು

ವಿಶ್ವದ ಸೃಷ್ಟಿ ಹೇಗೆ ಪ್ರಾರಂಭವಾಯಿತು ? ಇದರ ಮೂಲ ಯಾವುದು ? ನಮ್ಮ ಗ್ರಹವನ್ನು ದಾಟಿ ಬಾಹ್ಯಾಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಡಿಯಿಟ್ಟರೆ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ವಿಚಿತ್ರಗಳೇನು ? ಇವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಬಹು ದಿನಗಳಿಂದ ಕಾಡುತ್ತಿರುವ ಕೆಲವು ಮೂಲಭೂತ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು.

ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ಅನೇಕ ವಾದಗಳೂ, ಊಹಾಪೋಹಗಳೂ ಎದ್ದಿವೆ. ಈಗಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಜನ ನಂಬುವ ವಾದ ಹೀಗಿದೆ. ಮೊದಲು ಎಲ್ಲ ಗ್ರಹಗಳೂ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಸೇರಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅನಿಲದ ಚೆಂಡಿನಂತೆ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಎಂದರೆ ಪ್ರಾರಂಭಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಜಲಜನಕದ ಚೆಂಡಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಕಾರಣಾಂತರಗಳಿಂದ ಒಂದು ಮಹಾ ಸ್ಫೋಟ (Big Bang) ಉದ್ಭವಿಸಿ ಪದಾರ್ಥವು ಅನೇಕ ಚೂರುಗಳಾಗಿ ಸಿಡಿದು ಗ್ರಹಗಳೂ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಉದ್ಭವಿಸಿರಬೇಕು.

ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುವುದು ಸಹಜ : ಜಲಜನಕದಿಂದ ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಹೇಗೆ ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡವು ಎಂದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿದೆ.

ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನೂ 92 ಮೂಲ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು, ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರವಾದ ಅನಿಲ-

ಜಲಜನಕ. ಎಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಭೌತಿಕ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳೂ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಅವುಗಳೊಳಗಿನ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಈ ಪರಮಾಣುರಚನೆ ಬದಲಾದರೆ ಮೂಲಪದಾರ್ಥವೇ ಮತ್ತೊಂದು ಮೂಲಪದಾರ್ಥವಾಗಿ ಬಿಡುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಇದರೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಸೇರಿದರೆ ತಕ್ಷಣ ಜಲಜನಕವು ಭಾರ ಜಲಜನಕ (Heavy Hydrogen) ಆಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ !

ಸೃಷ್ಟಿಯ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲವೂ ಜಲಜನಕದ ರೂಪ ದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಮಹಾಸ್ಫೋಟದ ನಂತರ ಒಟ್ಟಿಗಿದ್ದ ಈ ಅನಿಲವು ಚದುರಿಹೋಗಿ ಅನೇಕ ಚೂರುಗಳಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಚೂರುಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಫೋಟದನಂತರ ಉಂಟಾಗುವ ಅನೇಕ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳಿಂದ ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡವು ಸಂಭವಿಸಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯೇ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಾ ಹೋಯಿತು. ಹೀಗೆ ಪ್ರಾರಂಭಕ್ಕೆ ಜಲಜನಕವಾಗಿದ್ದದ್ದು ಕ್ರಮೇಣ ಹೀಲಿಯಂ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮುಂತಾದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅನಿಲಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೂ ಮತ್ತೆ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ದ್ರವ, ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಾಗಿಯೂ ಮಾರ್ಪಟ್ಟು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿ ಮುಂತಾದ ಗ್ರಹಗಳು ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾಗಿರಬೇಕು.

ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಅನಿಲದಮೇಲೆ ಹೊರಗಣ ಅಥವಾ

ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡವುಂಟಾದರೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಅದರ ಗಾತ್ರ ಕುಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಅದು ದ್ರವ ಪದಾರ್ಥವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟು, ಅನಂತರ ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರ. ಆದರೆ ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಸೃಷ್ಟಿಯ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿದ್ದ ಅನಿಲವನ್ನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿದ್ದುದು ಒಳಗಿನ ಒತ್ತಡ ಅಥವಾ ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡ. ನಾವು ಚೂರುಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿರುವುದು ಭಾರೀ ಪ್ರಮಾಣದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು.

ಈ ರೀತಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಭಾರಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಒಳಗೆ ಆಂತರಿಕ ಒತ್ತಡವು ಉಂಟಾದಾಗ, ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಪರೀತವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಜನಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಆಕರ್ಷಣಾ ಶಕ್ತಿ ಎಷ್ಟು ಪ್ರಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಅದು ಕೇವಲ ಹೊರಗಿನ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೆಳೆಯುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಅನಿಲವನ್ನೂ ಸಹ ಕೇಂದ್ರದತ್ತ ಸೆಳೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಇಡೀ ನಕ್ಷತ್ರವು ಸಂಕುಚಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಎಂದರೆ ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ನಕ್ಷತ್ರದ ಗಾತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ, ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕಟ್ಟಕಡೆಗೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಗಾತ್ರವು ವಿಪರೀತವಾಗಿ ಕುಗ್ಗಿ ಅದು ತನ್ನೊಳಗೆ ತಾನೇ ಕುಸಿಯುತ್ತದೆ. ಅದರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಬಲವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದರೆ ಅದರ ಹತ್ತಿರ ಸುಳಿದ

ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥ ಎಷ್ಟೇ ವೇಗದಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟರೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ತಪ್ಪಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ವೇಗವುಂಟು. ಆದರೆ ಈ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಇಂತಹ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ "ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು" ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇವು ಸುಳಿ ಇದ್ದ ಹಾಗೆ. ತಮ್ಮೊಳಗೆ ಬಂದ ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥ ವನ್ನು ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಹಿಡಿದಿಡುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ರಂಧ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಪುರಾಣ ಅಥವಾ ಕಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಆದರೆ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ, ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಗಳು ಇಂತಹ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಸೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಇವೆ ಎಂದು ಸಾರಿ ಹೇಳುತ್ತಿವೆ. ಬಹುಶಃ ನಮ್ಮ ನಕ್ಷತ್ರಕೂಟದಲ್ಲಿಯೇ ಇಂತಹ ಕೋಟ್ಯಂತರ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳು ಇದ್ದರೂ ಇರಬಹುದು.

ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಆಂತರಿಕ ಪರಮಾಣುವಿನ ಇಂಧನ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ಷಯಿಸಿಹೋಗಿ, ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಒಳಗಾಗಿರುವಾಗ ನಕ್ಷತ್ರವು ಕುಸಿದು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ತಳವಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಗುಂಡಿಯಂತಿರುವ "ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ"ವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ ವೆಂದು ಕರೆಯೋಣ. ಇದು ತನ್ನಿಂದ ಸುಮಾರು 6.5 ಕಿಲೋ ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥವನ್ನೇ ಆಗಲಿ (ದ್ರವ್ಯ, ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಸಂಕೇತ), ಧ್ವಂಸ (devour) ಮಾಡುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳಿಗಾಗಿ ಹುಡುಕಾಟ ಕಳೆದ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಾಯಿತು. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅನೇಕಾನೇಕ 'ಸ್ಥಳ'ಗಳು ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಕಂಡು ಬಂದಿವೆ. ಪ್ರಾರಂಭಕ್ಕೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಒಂದನ್ನಾದರೂ "ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ" ಎಂದು ಸಾಧಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಕೊನೆಗೂ ಎರಡು ವರ್ಷ ಸತತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನಂತರ ಸಿಗ್ನಸ್ (Cygnus) ಎಂಬ ನಕ್ಷತ್ರ ಕೂಟದಿಂದ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೊರಬರುತ್ತಿರುವ ಸಿಗ್ನಸ್ x–1 ಎಂಬ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಸಿಗ್ನಸ್‌ನ ಕೇಂದ್ರ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಎಂಬುದು ದೃಢವಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುರಾವೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, 'ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ'ಗಳ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳೂ ಕೋಟ್ಯಂತರ ಮೈಲಿ ದೂರವಿರುವುದರಿಂದ ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಇಂತಹ ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು "ಊಹಾಪ್ರಯೋಗ"ಗಳ ಮೊರೆ ಹೋಗುತ್ತಾರೆ. ಎಂದರೆ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಊಹಿಸಬೇಕಷ್ಟೆ–ನಡೆಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವನ್ನು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ, ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಅನೇಕಾನೇಕ ವರ್ಷಗಳನಂತರ ಎಲ್ಲಾ ಮನುಷ್ಯ ಜೀವಿಗಳೂ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಇತರ

ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ವಲಸೆ ಹೊರಟುಹೋಗುತ್ತಾರೆ ಎಂದಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ಭೂಮಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ವಸ್ತು ಸಂಗ್ರಹಾಲಯದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ ಇಡಬೇಕೆಂಬ ಬಯಕೆ ಉಂಟಾಗು ತ್ತದೆ. ಆಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುವವರೆಗೂ ಸಂಕುಚಿತಗೊಳಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು, ಮೊದಲು ಭೂಮಿಯ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕಭಾಗ ವನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನರ $E=mc^2$ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿ E ಎಂದರೆ ಶಕ್ತಿ. m ಎಂದರೆ ದ್ರವ್ಯ. c ಎಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ. ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಬ್ಯಾಟರಿಯಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಟ್ಟು, ಅನಂತರ ಎರಡು ಭೂತಾಕಾರದ ತಟ್ಟೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಕಡೆಗಳಿಂದಲೂ ಅಮುಕುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತಾರೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬ್ಯಾಟರಿ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅವರು ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಅದರ ಕಾಲಂಶಕ್ಕೆ ತಗ್ಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಭೂಮಿಯಮೇಲೆ ಒಂದು ರಾಕೆಟ್ ಇದೆ. ಇದು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು, ಅಂತರಿಕ್ಷದೊಳಗೆ ನುಸುಳಲು ಎಷ್ಟು ವೇಗ ಬೇಕಾಗಬಹುದು ? ಸಾಧಾರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 11 ಕಿ. ಮಿ. ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ ಈಗ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈ ಅದರ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಮೊದಲಿಗಿಂತ ನಾಲ್ಕು ಪಟ್ಟು ಹತ್ತಿರವಾಗಿರು ವುದರಿಂದ, ರಾಕೆಟ್ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯೂ ನಾಲ್ಕು ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಶಕ್ತಿ ತಪ್ಪಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ವೇಗದ ವರ್ಗಮಾನಕ್ಕೆ (square)

ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ (proportion). ಆದ್ದರಿಂದ ಮೊದಲನೆಯ ಒತ್ತಡದನಂತರದ ಈ ವೇಗವು ಎರಡು ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಎಂದರೆ ಈಗ ಈ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 22 ಕಿ.ಮಿ.

ಹೀಗೆಯೇ ಇಂಜಿನಿಯರುಗಳು ಮುಂದುವರಿದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಹಂತದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಳತೆ ಕೇವಲ 10 ಕಿ.ಮಿ. ಆಗಿಬಿಡುತ್ತದೆ. (ಈಗಿರುವಂತೆ, ಸುತ್ತಳತೆ 40,000 ಕಿ.ಮಿ.). ಇದರಿಂದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಧಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ "ಬಾಗುತ್ತದೆ" ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ (Euclid) ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ತನ್ನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಪರಿಣಾಮ – $C=2\pi r$ ಎಂದರೆ ಸುತ್ತಳತೆ $=2\pi \times$ ತ್ರಿಜ್ಯ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಈಗ ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ "ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ" ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ, ಅಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. (ಈಗ ಭೂಮಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ತೀರ ಹತ್ತಿರವಾಗಿದೆ) ಈಗ ರಾಕೆಟ್ ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 708 ಕಿ.ಮಿ. !

ಇದೇ ರೀತಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಮೇಲೆ ಎಲ್ಲೆಡೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೇರುತ್ತಾ ಹೋದರೆ ಕೊನೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಳತೆ ಕೇವಲ 5.58 ಸೆಂ.ಮಿ. ಆಗಿಬಿಡುತ್ತದೆ. ಈಗ ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥ ಭೂಮಿಯ ಆಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ವೇಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3,00,000 ಕಿ. ಮಿ. ಇದೇ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಹಾಗೂ ನಮಗೆ ಸೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿರುವ

ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗ. ಕಟ್ಟಕಡೆಯದಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೇರಿದರೆ ಸಾಕು–ಈ ವೇಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನೂ ಮೀರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಬೆಳಕೂ ಸಹ ಭೂಮಿಯ ಆಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರದು. ಹೀಗೆ ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಉಳಿದ ಸೃಷ್ಟಿ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಪರ್ಕ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಕಡಿದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಭೂಮಿ ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಸೃಷ್ಟಿಯೊಳಗೆ ಸೇರಿಲ್ಲ. ಅದರ ಅಸ್ತಿತ್ವವೇ ಇಲ್ಲ. ಅದು ಇದ್ದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ 5.58 ಸೆಂ. ಮೀ. ನಷ್ಟು ಸುತ್ತಳತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ ಮಾತ್ರ ಇದೆ. ಈಗ ಇದರ ಬಾನಿನ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಹೊರಗೆ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಆಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ವೇಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇದ್ದು, ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ರಾಕೆಟ್ಟುಗಳು ಈಗಲೂ ಸಹ ಇದರಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಂಚಿನ ಒಳಗೆ, ಈ ವೇಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನೂ ಮೀರಿಸಿದ್ದು ಯಾವುದೂ ಅದರಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ರಂಧ್ರದ ಒಳಭಾಗ ನೋಟಕ್ಕೆ ಭೂಮಿಯ ಆಕಾರವನ್ನೇ ಹೋಲುತ್ತಿದ್ದು ಉಳಿದ ಸೃಷ್ಟಿಯೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಡಿದುಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೆಲ್ಲಾ ಬರಿಯ ಊಹಾಪೋಹದಂತೆ ಇದೆಯಲ್ಲವೇ? ಈಗ ಸ್ವಲ್ಪ ವರ್ತಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದು ಈ ಊಹಾ ಪ್ರಯೋಗದ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ಏನೆಲ್ಲಾ ಸ್ಥಿತಿಗತಿಗಳುಂಟಾಗಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಭೂಮಿಗೂ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೂ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಭೂಮಿಯನ್ನು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ಹೊರಗಿನ ಶಕ್ತಿಯ

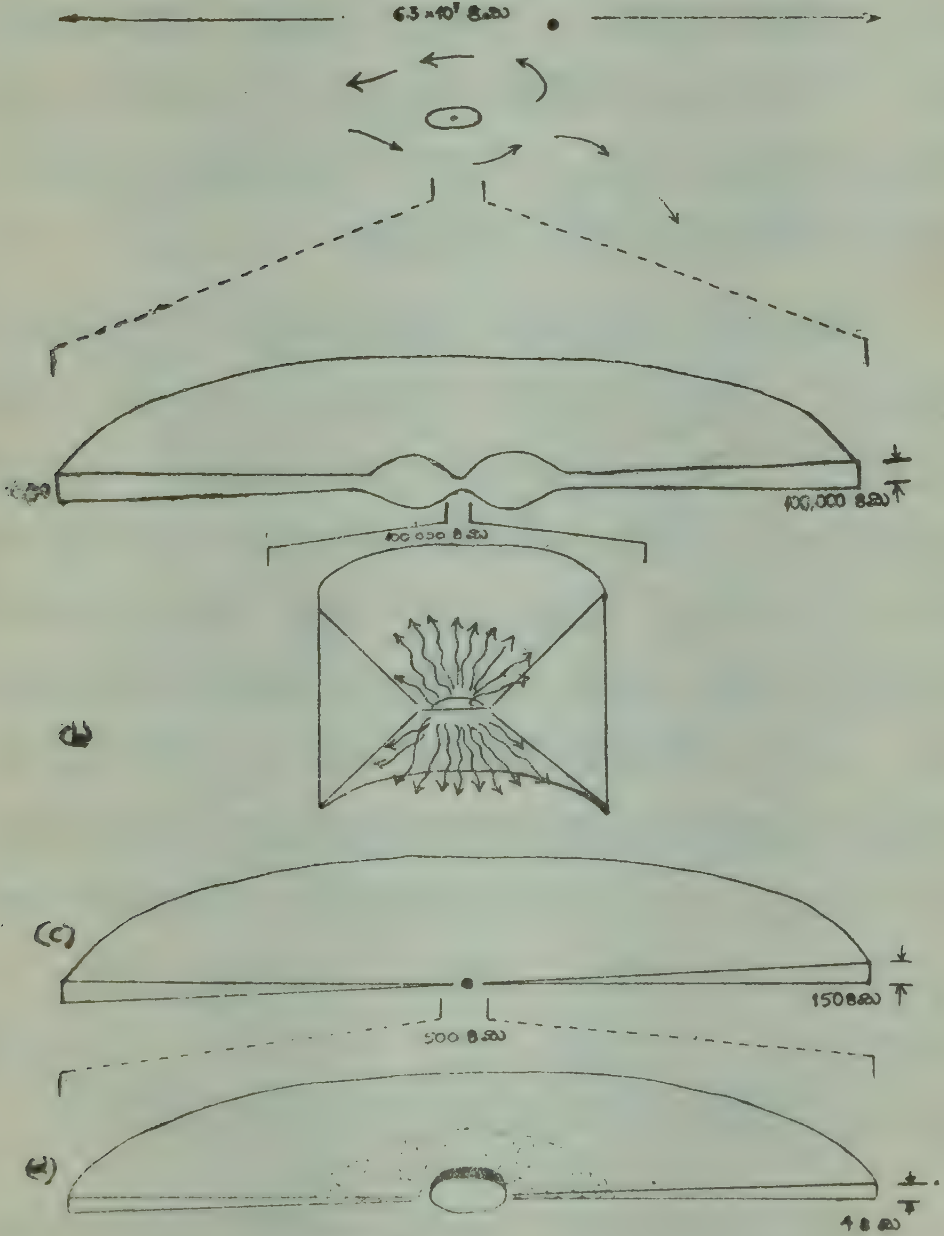
ಸಹಾಯಬೇಕು. ಆದರೆ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು ಹೀಗಾಗಲು ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅದರ ಒಳಗಿನ ಪರಮಾಣು ಇಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಳು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸೂರ್ಯನಿಗಿಂತ ಹತ್ತುಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ದ್ರವ್ಯವುಳ್ಳ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು ತಾನು ಸ್ವತಃ ಉರಿಯಲು ಬೇಕಾದ ಅಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಳಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣದಿಂದ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹತ್ತಾರು ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಾದ ನಂತರ ಅದು ತನ್ನೊಳಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಖಾಲಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಜ್ವಾಲೆಗಳು ಆರಿಹೋಗಿ ಉಷ್ಣವೂ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುತ್ತಿದ್ದ ಅಣುಶಕ್ತಿಯೂ ಇಲ್ಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣುಶಕ್ತಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಒಳಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿದ್ದ ತೀವ್ರಾಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಇದು ವರೆಗೂ ನಿರ್ಮೂಲಗೊಳಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಈಗ ಅದು ಇಲ್ಲವಾದ್ದ ರಿಂದ ಒಳಗಿನ ಆಕರ್ಷಣೆ ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪದಾರ್ಥ ತನ್ನೊಳಗೆ ತಾನೇ ಕುಸಿದು ಬಿದ್ದು ನಿರ್ಮೂಲ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರವು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಲು ಮುಖ್ಯವಾದ ಕಾರಣ, ಅದರ ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ತೀವ್ರವಾದ ಒತ್ತಡ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ರೀತಿ ಕುಸಿಯುವಾಗ ತನ್ನಲ್ಲಿರುವ ಬಹುಪಾಲು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷದೊಳಗೆ ತೂರಿಬಿಟ್ಟರೆ ಮಾತ್ರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಉಳಿವು ಸಾಧ್ಯ, ಇಲ್ಲದೇ ಹೋದರೆ ಅದರ ಆಂತರಿಕ ಆಕರ್ಷಣೆ ಅದನ್ನು ನಾಶ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಸುಮಾರು ಎರಡರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಒಳಗೆ ಶಾಖಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದ ಒತ್ತಡಗಳು (ಉದಾ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒತ್ತಡಗಳು) ಪದಾರ್ಥದ

ಮೇಲೆ ಹೇರುತ್ತಿರುವ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ ಕುಸಿತವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯನ ಹತ್ತುಪಟ್ಟು ಪದಾರ್ಥವನ್ನೂ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದ ನಕ್ಷತ್ರ ಈಗ ಕೇವಲ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದ ಒಂದು "ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜ" (white dwarf) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಅದು ಸುಮಾರು 60 ಕಿ.ಮೀ. ಸುತ್ತಳತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು "ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ"ವೂ (Neutron star) ಆಗಬಹುದು. (ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥವು ಎಷ್ಟು ದಟ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಹೊರ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ವಿಹರಿಸಬೇಕಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಒಳಗೆ, ಸ್ಥಳಾಭಾವ ದಿಂದ, ಸೇರಿ ನುಚ್ಚಾಗಿ ಹೋಗಿರುತ್ತವೆ). ಈ ಎರಡೂ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಗಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆ ನಕ್ಷತ್ರವು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ನಕ್ಷತ್ರ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಗಳೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲ ನಿಯಮಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟವು. ಇದರಿಂದ ದಟ್ಟವಾಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗೆ ಒಂದು "ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ" (critical mass) ಇರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನಪದಾರ್ಥದ ಎರಡರಷ್ಟು ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು. "ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ"ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪದಾರ್ಥ ವುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರವು "ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜ" ಅಥವಾ "ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ"ವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತೆದೆ. ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ವಿಸ್ತಾರ ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದು ಸಿಗ್ನಸ್ ×-1 ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ ಎಂದು ಸಾಧಿಸಲು ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶವನ್ನು ಒದಗಿಸು

ತ್ತದೆ. ಇದುವರೆಗೆ, ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜ ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಅಣುಕೇಂದ್ರದ ಸಾಂದ್ರತೆ ವಿಪರೀತ ಹೆಚ್ಚು-ಎಂದು ಮಾತ್ರ ತಿಳಿದಿದೆ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ಗುಣ



ಚಿತ್ರ 1

ಗಳು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿಲ್ಲ. (ಅಣುಕೇಂದ್ರದ ಸಾಧಾರಣ ಸಾಂದ್ರತೆ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂ. ಮೀ. ಗೆ $2+10^{14}$ ಗ್ರಾಂಗಳು).

ಆದ್ದರಿಂದ ಈ "ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ"ದ ಬಗ್ಗೆ ಖಚಿತವಾಗಿ ಏನನ್ನೂ ಹೇಳುವಂತಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಉತ್ಕಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಪರಿಮಿತಿ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂರು ಪಟ್ಟು ಎಂದು ಮಾತ್ರ ಹೇಳಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯುವುದಾದರೂ ಏನು ? ಯಾವುದೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ಶ್ವೇತ ಕುಬ್ಜ ನಕ್ಷತ್ರದ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂರು ಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ,

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಅಥವಾ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಸ್ವರೂಪ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದುದು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದರ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ವಸ್ತು, ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಣೆ – ಹೀಗೆಲ್ಲ ತಲೆ ಕೆಡಿಸಿಕೆಳ್ಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಯಾವ ವಸ್ತು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಜನನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಯಿತೋ ಅದು ತನ್ನಲ್ಲಿಯೇ ಕುಸಿದು ಮಾಯವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ರಂಧ್ರದ ಮೇಲ್ಮೈ ಅಥವಾ ಒಳಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಬೀರಲಾರದು. ಅಲ್ಲದೆ ರಂಧ್ರದ ಒಳಗೆ ಬೀಳುವ ಪದಾರ್ಥ ಯಾವುದು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಏಳುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದಕ್ಕೂ ಇದೇ ಗತಿ ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ರಂಧ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಗುಣಗಳೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಸ್ವರೂಪದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ.

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಎಂತಹ ಸರಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವರ್ನರ್ ಇಸ್ರೇಲ್, ಹಾಗೂ ಕೇಂಬ್ರಿಡ್ಜ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಬ್ರಾಂಡನ್ ಕಾರ್ಟರ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟೀಫನ್ ಹಾಕಿಂಗ್ - ಈ

ಮೂವರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ರಂಧ್ರವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ದಿಗಂತ ಅತ್ಯಂತ ಜೋರಾಗಿ ನಡುಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕ್ಷಣಾರ್ಧ ದಲ್ಲಿಯೇ ಈ ನಡುಕವು ನಿಂತು ದಿಗಂತವು ಒಂದು ನೆಲೆಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವು ಯಾವ ಚಲನೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದರೆ ದಿಗಂತವು ಪೂರ್ಣ ವೃತ್ತಾಕಾರವನ್ನು ಪಡೆದಿರು ತ್ತದೆ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ರಂಧ್ರವು ಬುಗುರಿಯಂತೆ ಗಿರಗಿರನೆ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಅಂಚು ಸ್ವಲ್ಪ ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂಚು ಎಷ್ಟು ಚಪ್ಪಟೆ ಅಥವಾ ರಂಧ್ರದ ನಿಶ್ಚಿತ ಆಕಾರವೇನು ಎಂಬುದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ, ಅದರ ದ್ರವ್ಯ ಹಾಗೂ ತಿರುಗುವ ವೇಗದಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡು ಅಂಶಗಳು ಕೇವಲ ರಂಧ್ರದ ಆಕಾರವನ್ನಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಗುಣ ಗಳನ್ನೂ ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಅನ್ನವು ಎಷ್ಟು ಬೆಂದಿದೆ ಎಂಬು ದನ್ನು ನೋಡಲು ಒಂದು ಅಗುಳು ಸಾಕಲ್ಲವೇ, ಹಾಗೆ.

ಪರಿಭ್ರಮಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದು– ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣದಂತೆ.

$$a = \frac{C \cdot j}{G\, m^2} \cdot$$

ಇಲ್ಲಿ 'a' ಎಂದರೆ ರೊಟೇಷನ್ ಪ್ಯಾರಾಮೀಟರ್

(Rotation Parameter)

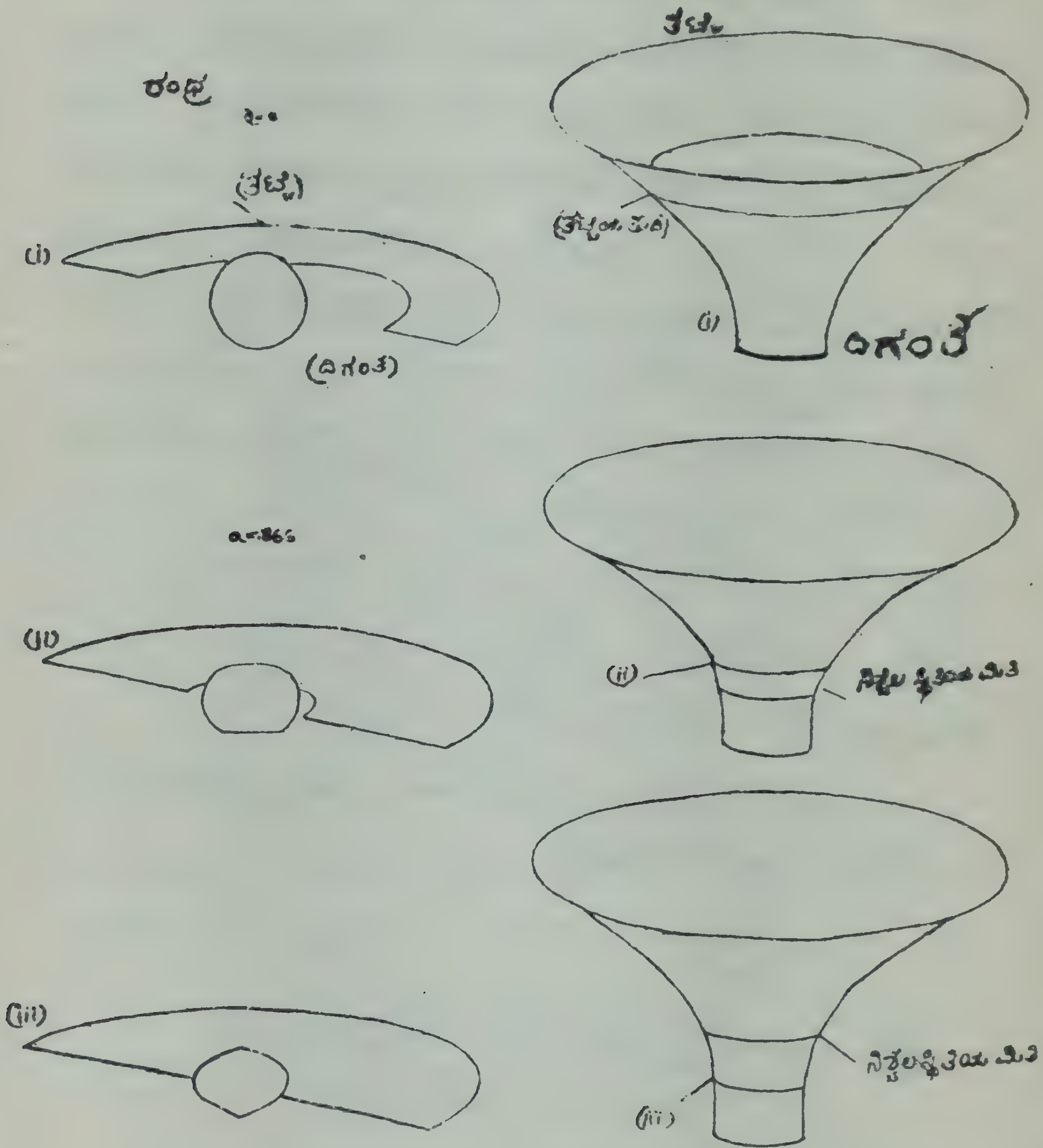
'c' ಎಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ

'm' ,, ರಂಧ್ರದ ದ್ರವ್ಯ

'j' ,, ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ

(Angular Momentum)

'g' ,, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯತಾಂಕ (Newton's Gravitational Constant)



ಚಿತ್ರ 3

(Rotation Parameter) ನ ಬೆಲೆ ಭ್ರಮಣ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕ ಸೊನ್ನೆ ಆದರೆ (a=o), ರಂಧ್ರವು ಸಂಪೂರ್ಣ

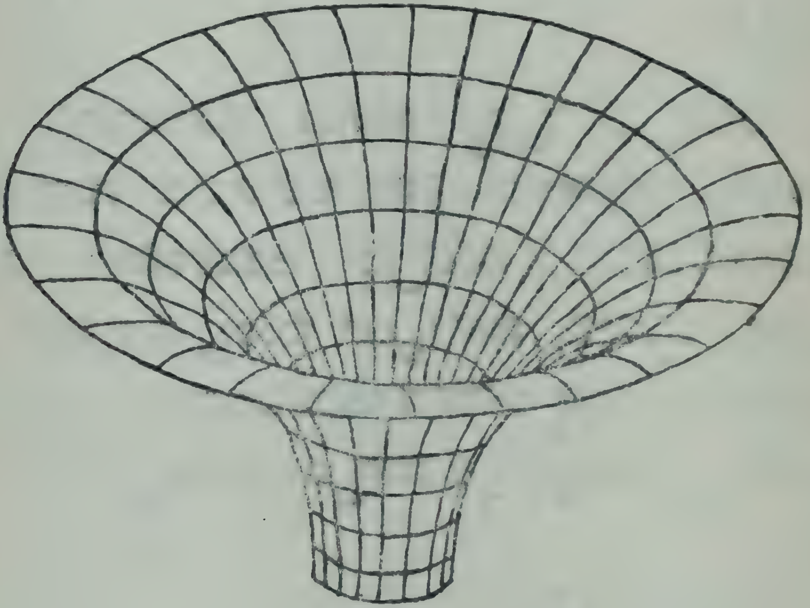
ವಾಗಿ ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಯಾವ, ಚಲನೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ. ರೊಟೇಷನ್ ಪ್ಯಾರಾಮೀಟರ್‌ನ ಬೆಲೆ ಒಂದು ಆದರೆ (a = 1) ರಂಧ್ರದ ತುದಿಗಳು ವಿಪರೀತವಾಗಿ ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆ (ಬುಗುರಿಯಂತೆ). 'a'ನ ಬೆಲೆ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ, ಅಂದರೆ ರಂಧ್ರವು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ತಿರುಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ನಿಜವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, 'a'ನ ಬೆಲೆ ಒಂದನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿದ್ದಂತೆಯೇ ರಂಧ್ರದ ಒಳಗೆ ಬೀಳುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ವೇಗವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ 'a'ನ ಬೆಲೆ **0.998**ಕ್ಕೆ ಇಳಿದು ಬಿಡುತ್ತದೆ.

ರಂಧ್ರದ ದ್ರವ್ಯ ಹಾಗೂ ರೊಟೇಷನ್ ಪ್ಯಾರಾಮೀಟರ್ ಇವುಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಗುಣಗಳೇನು ? ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ರಂಧ್ರದ ಆಕರ್ಷಣೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಪ್ರದೇಶ, ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರು ರೂಪಿಸಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. [ವಿ.ಸೂ. (1) ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಪರಸ್ಪರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮ ಹೀಗಿದೆ. :

$$F \alpha \frac{Mm}{d_2}$$ .F ಎಂದರೆ ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಶಕ್ತಿ

'M' ಮತ್ತು 'm' ಇವು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನೂ (ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳ) ಮತ್ತು 'd' ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿ.ಸೂ. (2) ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಪದಾರ್ಥ ಮತ್ತು ರಂಧ್ರ ಇವುಗಳ ಅಂತರ ರಂಧ್ರದ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿರಬೇಕು.] ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ತಿರುಗುವ ರಂಧ್ರವು ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಿಧಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಧಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥ ಅಥವಾ ಅನಿಲಗಳೂ ಸುಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕಿಬಿದ್ದ ವಸ್ತುಗಳಂತೆ ತಿರುಗುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಮೂರನೆಯದಾಗಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವು ತನ್ನ ಅಂಕೆಯೊಳಗೆ ಬರಬಹುದಾದ ಅಂತರಿಕ್ಷವನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಿ ಆ ಪರಿಧಿಯೊಳಗೆ ಕಾಲವನ್ನು ನಿಶ್ಚಲಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ನಾಲ್ಕನೆಯದಾಗಿ ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ



ಚಿತ್ರ 2

ಒಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ರೇಖೆಯುಳ್ಳ ಅಥವಾ ನಕ್ಷೆಯುಳ್ಳ ದಿಗಂತವಿದ್ದು ಅದರೊಳಗೆ ಏನಾದರೂ ಬೀಳಬಹುದು ಆದರೆ ಅದರಿಂದ ಯಾವುದೂ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರದು. ಐದನೆಯ

ದಾಗಿ ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತಳತೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಲೆಕ್ಕಹಾಕ ಬಹುದು.

$$\text{ಸುತ್ತಳತೆ} = \frac{19 \text{ ಕಿ. ಮೀ.} \times \text{ರಂಧ್ರದ ದ್ರವ್ಯ}}{\text{ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯ}}.$$

ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂರರಿಂದ ಐವತ್ತರಷ್ಟು ಇದ್ದು, ಸುತ್ತಳತೆ 60 ರಿಂದ 1000 ಕಿ. ಮೀ. ವರೆಗೆ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಲಾಗಿದೆ.

ಇವು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳಿಗೆ ಇರಬಹುದೆಂದು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕ ಲಾದ ಗುಣಗಳು. ಇವು ಖಗೋಳ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ, ನ್ಯಾಯುವಾಗಿ ಒಂದು ಸವಾಲಾಗಿ ಕಂಡಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಕ್ರಿ. ಶ. 1960ರ ತನಕವೂ ಯಾರೂ ಇದನ್ನು ಗಂಭೀರ ವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಲಿಲ್ಲ. ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಊಹಾ ಜನಿತ ವಸ್ತುಗಳೆಂದೇ ಇವರು ನಂಬಿದ್ದರು. ಅವರ ಪ್ರಕಾರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಅಳಿವಿನಿಂದ ಇಂತಹ ರಂಧ್ರವೊಂದು ಉಂಟಾಗ ಬಹುದು, ಆದರೆ ಯಾವುದೂ ಆ ರೀತಿ ಆಗಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ವೇಳೆ ಇದ್ದರೂ ವೀಕ್ಷಕರು ಅದನ್ನು "ನೋಡುವುದು" ಎಂದಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ, ಈ ಸೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಗಳೂ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳೂ ಎಂದಿಗೂ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ದೊಡ್ಡ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ತಾವು "ಅಳಿಯುವುದಕ್ಕೆ" ಮುಂಚೆ ಹೇಗೋ ತಮ್ಮ ಬಹುಪಾಲು ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಕಳೆದು ಕೊಂಡು ಉಳಿಯುತ್ತವೆ — ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯವೇ ಬಹುಕಾಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಬೇರುಬಿಟ್ಟಿತ್ತು, ಹೀಗಾಗಿ

ಕ್ರಿ.ಶ. 1963ಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವ ಯಾವ ಪ್ರಯತ್ನವೂ ನಡೆಯಲಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಕಳೆದ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕುರಿತು ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ತಳೆದ ನಿಲುವು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಯಿತ್ತು. ಸಿಡಿಯುವ ನಕ್ಷತ್ರಕೂಟಗಳು, ಅಡಿಗಡಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವ ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಕ್ವಾಸಾರ್‌ಗಳು, ಸೃಷ್ಟಿಯು ಉಂಟಾಗಲು ಮೂಲ ಕಾರಣವಾದ "ಮಹಾಸ್ಫೋಟ"ದಿಂದ ಜನಿಸಿದ ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮತರಂಗಗಳು, ಉರಿಯುವ ಕ್ಷ–ಕಿರಣ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಇನ್ನೂ ಇಂತಹ ಅನೇಕ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಯು ಎಷ್ಟು ವಿಚಿತ್ರ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಮತ್ತೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ, ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳ ಚಿತ್ರ ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಮೂಡತೊಡಗಿತು. 1967ರಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧಕರು ಕೆಲವು ಸ್ಪಂದಿಸುವ ಕಾಂತಿ ಬೀರುವ ಪಲ್ಸಾರ್ (Pulsar) ಎಂಬ ರೀತಿಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು. 1968ರ ವೇಳೆಗೆ ಇವು ಬುಗುರಿಯಂತೆ ತಿರುಗುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೆಂದು ಸಾಧಿಸಲಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ, ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ವಾದದಿಂದ ಹುಟ್ಟಿದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ನಿಜವಾಗಿ ಇದೆ ಎಂದ ಮೇಲೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವೂ ಇರಲೇ ಬೇಕಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಮತ್ತೆ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದಿತು.

ಸರಿ, ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಇವೆ ಎಂದೇನೋ ಸಾಧಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಇವುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಹುಡುಕಿ ಗುರುತಿಸುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ ? ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಜನ್ಮತಾಳುವುದೇ ಭಾರಿ

ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಹುಡುಕಬೇಕಾದರೂ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದ ಭಾರಿ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹುಡುಕಬೇಕು. ಆದರೆ ಸೂರ್ಯನಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದ ಭಾರಿನಕ್ಷತ್ರವೂ ಸಹ 10 ಕಾಂತಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿದೆ. (ಎಂದರೆ ಬೆಳಕು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಮೂರು ಲಕ್ಷ ಕಿ. ಮೀ. ನಂತೆ 10 ವರ್ಷಗಳು ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡುವ ದೂರ.) ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳ ವ್ಯಾಸ 1000 ಕಿ. ಮೀ. ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಭಾರಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಸಣ್ಣ ಚುಕ್ಕಿಗಳಂತೆ ಕಾಣಿಸುವಾಗ, ಇಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವನ್ನು ಸಣ್ಣ ಕಪ್ಪುಚುಕ್ಕಿಯಂತೆ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಒಟ್ಟಾರೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ವಿಶ್ವದ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲೂ ಇವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಈಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ದಾರಿಯನ್ನು ಹುಡುಕಿದರು. ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ತೀವ್ರವಾದ ಸೆಳೆತ, ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದರಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ತನ್ನ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿ, ಮಸೂರದಂತೆ (lens) ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಲ್ಲುದೇ ? ಇದೂ ಅಷ್ಟು ಸರಿಯಾದ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲ. ರಂಧ್ರವು ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ತೀರ ಸಮೀಪವಾಗಿದ್ದರೆ ಬೆಳಕು ಬಾಗುವುದು ಕಡಿಮೆ ; ಆದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಬೀರಲಾರದು. ನಕ್ಷತ್ರವು ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಈ ಬಾಗುವಿಕೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ರಂಧ್ರ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಅಂತರ ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ, ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಅವೆರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಹೊಂದಿಸಿ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡುವುದೇ

ಕಷ್ಟ. ಅಲ್ಲದೆ, ಅದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವೋ ಅಥವಾ ಮಂದವಾದ ನಕ್ಷತ್ರವೋ, ಅದನ್ನೂ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ವೇಳೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಜೊತೆ ಇನ್ನೊಂದು ನಕ್ಷತ್ರ ವಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ? ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅದು ತನ್ನ ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಮೇಲೆ ಬೀರುವ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. 1964ರಲ್ಲಿ ಯಾ. ಬಿ. ಜೆಲ್ಡೊವಿಚ್ (Ya. B. Zel'dovich) ಮತ್ತು ಓ. ಖ್ಹ್. ಗುಸೆಯ್‌ನೋವ್ (O. Kh. Guseynov) ಇವರು ಅನೇಕ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಶೋಧಿಸಿದರು. ಇಂತಹ ಜಂಟಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿ ದೂರದರ್ಶಿನಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು, ವರ್ಣ ಪಟಲ ದಲ್ಲಿ, ಕಾಲಕಾಲಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಈ ತರಹೆಯ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ (Doppler Effect) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅತಿ ವೇಗ ದಿಂದ ದೂರದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣ ಪಟಲ ರೇಖೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ (ಅಂದರೆ, ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಕಡೆಗೆ) ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧ ವಾಗಿ, ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರವು ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವನ್ನೂ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣವನ್ನೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅದೇ ವೇಳೆಗೆ, ಹೊರಸೂಸಿದರೆ ಅದು ನಕ್ಷತ್ರವಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಅದು ಯಾವ ಕಾಂತಿಯನ್ನೂ ಹೊರಸೂಸದೆ ಇದ್ದರೆ, ಅರ್ಥಾತ್, ಅದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚು ವುದೇ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದು ನಕ್ಷತ್ರವಲ್ಲ, ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು.

ಇಂತಹ ನೂರಾರು ಜಂಟಿಗಳ ಪಟ್ಟಿ ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಮೊಟಕುಗೊಳಿಸಲು ಪ್ರತಿ "ಕಪ್ಪು" ಸಂಗಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯವನ್ನೂ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಲಾಯಿತು. ಇದು ಬಣ್ಣಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯವು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚೋ ಅದರ ಆಕರ್ಷಣೆಯೂ ಅಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂರು ಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದ್ರವ್ಯವಿರುವ "ಕಪ್ಪು ಸಂಗಾತಿ"ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಆರಿಸಲಾಯಿತು. ಮತ್ತೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಖರವೆಂದರೆ, ಜೊತೆಗಿದ್ದ "ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿ" ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಈ ಪ್ರಕರವಾದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಅದರ ಬೆಳಕು ಮುಚ್ಚಿಹೋಗಿರಬಹುದು ಎಂದೂ ತೀರ್ಮಾನಿಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಜಂಟಿಗಳನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟನಂತರ, ಕೊನೆಗೆ ಐದು ಜಂಟಿಗಳು ಉಳಿದವು.

1968ರಲ್ಲಿ ಕಿಪ್ ಎಸ್. ಥಾರ್ನ್ (Kip S. Thorne) ಹಾಗೂ ವರ್ಜಿನಿಯಾ ಟ್ರಿಂಬಲ್ (Virginia, Trimble, California University) ಅವರೂ ಸೇರಿ ಈ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಮತ್ತೆ ಮೂರು ಜಂಟಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರು. ಆದರೆ, ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ಈ ಎಂಟೂ ಜಂಟಿಗಳಲ್ಲಿ, ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿಯು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವಾಗಿರದೆ ಬೇರೆ ಇನ್ನೇನೋ ಆಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿಯು, ನಮ್ಮ ಲೆಕ್ಕದಂತೆ ಅದು ಬೀರಬೇಕಾದ ಕಾಂತಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಷೀಣವಾದ ಕಾಂತಿಯನ್ನು ಬೀರುತ್ತಿರಬಹುದು, ಅಥವಾ ಸಂಗಾತಿ

ನಕ್ಷತ್ರವು ಇದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಂತಿಯುಕ್ತವಾಗಿರ ಬಹುದು. ಅಥವಾ ಸಂಗಾತಿನಕ್ಷತ್ರದ ಬಣ್ಣಗಳ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ನಡವಳಿಕೆಯಿಂದ, ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿಯ ಬಣ್ಣಗಳು ಮುಚ್ಚಿ ಹೋಗಿರಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ಇನ್ನೂ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು.

ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಆಸೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿದು ಕೊಂಡಿತ್ತು. ಪರಸ್ಪರ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ಜಂಟಿ ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾದರೆ ಅದು ತನ್ನ ಸಂಗಾತಿಯಲ್ಲಿ ರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಸೆಳೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಸೆಳೆತಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ ಅನಿಲವು ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಚಿಮ್ಮಿ ನೇರ ವಾಗಿ ರಂಧ್ರದೊಳಗೆ ಸೇರಿಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಸೇರಿ ಹೋಗುವುದಕ್ಕೆಮುಂಚೆ ವಿಪರೀತವಾದ ಶಾಖ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ಅನಿಲದಿಂದ ಕ್ಷ–ಕಿರಣ (X-rays) ಹೊರ ಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎಂಟು ಜಂಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವು ದಾದರೂ ಸಂಗಾತಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಚಿಮ್ಮಿದರೆ ಆದರ "ಕಪ್ಪುಸಂಗಾತಿ" ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವಾಗಿರಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣ ಇವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತದೆ. ಕ್ಷಿಪಣಿ ಅಥವಾ ಬಲೂನುಗಳು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಖರವಾದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಅವಲೋಕಿಸ ಬಲ್ಲವು. ಹೀಗಾಗಿ ಖಚಿತವಾದ ವಿವರ ಗಳಿಗೆ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

ಇಂತಹ ಮೊದಲ ಪ್ರಯತ್ನ 1970ರ ಡಿಸೆಂಬರ್ 12 ರಂದು ಅಮೆರಿಕ ಮತ್ತು ಇಟಲಿ ಸೇರಿ ಉಡಾಯಿಸಿದ "ಉಹುರು'' (uhuru) ಎಂಬ ಉಪಗ್ರಹ. 1972ರ ವೇಳೆಗೆ ಇದು ಸುಮಾರು 125 ಮೂಲಗಳನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನವು ನಿರುಪಯೋಗಿಯಾದರೂ ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಆರು ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದವು.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸೆಂಟಾರಸ್ X-3 (centaurus X-3) ಮತ್ತು ಹೆರ್ಕ್ಯುಲಸ್ X-1 (Herculus X-1)— ಈ ಎರಡಂತೂ ಖಂಡಿತ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು (ವಿ. ಸೂ. X ಎಂಬುದು ನಕ್ಷತ್ರವು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣವನ್ನು ಬೀರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ). ಏಕೆಂದರೆ ಇವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬೀರುತ್ತಿದ್ದುವು. ಈ ರೀತಿ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳಿಂದ ಬರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿದೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ತಾನೇ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದು (ಬುಗುರಿಯಂತೆ), ಅದರ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಒರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲವನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಹುಟ್ಟುತ್ತವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುವಾಗ, ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳೂ ತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ನಿಯಮಿತ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಇವು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯ ಅಯಸ್ಕಾಂತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನವೇ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ನನ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯಮದಂತೆ, ಅಂತಹ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯು ತಕ್ಷಣ ನಾಶವಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತದೆ.

ಉಳಿದ ನಾಲ್ಕು ಜಂಟಿಗಳು — 2 *u*· 1700 – 37, 2 u 0900 – 40, SMC X – 1, ಸಿಗ್ನಸ್ X – 1, (2 u ಎಂದರೆ ಉಹುರುವಿನ ಎರಡನೆಯ ಪಟ್ಟಿ, SMC ಎಂದರೆ ಸ್ಮಾಲ್ ಮೆಗಲಾನಿಕ್ ಕ್ಲೌಡ್ (small, megallanic cloud) ಎಂಬ ನಮ್ಮ ಜತೆಯ ನಕ್ಷತ್ರ ಕೂಟ.] ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿ ಶೀಲಿಸಿದಾಗ, ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಉದಾಹರಿಸಿದ ಡಾಪ್ಲರ್ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟ (Doppler shift) ವು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಇದು ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿರದೆ, ಒಂದೊಂದು ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ವಿಧದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಪ್ರತಿಸಲ ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರವು ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸದ ಜೊತೆಯ ನಕ್ಷತ್ರ ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಬಂದಾಗ, ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಮುಚ್ಚಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಮೂಲ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸಿದ ಜೊತೆಯ ನಕ್ಷತ್ರವೇ ಇರಬೇಕು ಈ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಈ ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ಸೂಸುವ ಅನಿಲದ ವಿಪರೀತ ಶಾಖದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳಿಗೆ, ಇನ್ನಾವ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ ನೀಡಲು ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ವಿಫಲರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಒಳಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲದಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗಲು ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವಿರಬೇಕು. ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಲು, ಅಪಾರವಾದ ಆಕರ್ಷಣೆ ಇರ

ಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ, ಸಾಧಾರಣ ಗ್ರಹ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಆಕರ್ಷಣೆಯು ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ವೈಟ್ ಡ್ವಾರ್ಫ್ (ಶ್ವೇತ ಕುಬ್ಜ) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ, ಇವುಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಇದು ಸಾಧ್ಯ. ನಕ್ಷತ್ರವು ಈ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ್ದು ಎಂಬುದನ್ನು ಖಂಡಿತವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲು ಇರುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ದಾರಿ. ಅದರ ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು. ಈ ದ್ರವ್ಯವು ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕಿಂತ 1.4 ಪಟ್ಟಿಗೂ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದರೆ, ಅದು ವೈಟ್ ಡ್ವಾರ್ಫ್ ಅಲ್ಲ. ಮತ್ತು ಮೂರು ಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರವಲ್ಲ, ಎಂದರೆ ಮೂರುಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದರೆ ಅದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವೇ ಇರಬೇಕು.

ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವುದು ಕಷ್ಟವೇನಲ್ಲ. ನಕ್ಷತ್ರದ ಡಾಪ್ಲರ್ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಪಣೀಲಿಸಿ, ಸಾಧಾರಣ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದರೂ ಸಾಕು. ಈ ರೀತಿ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿದ ಕಪ್ಪು ಸಂಗಾತಿಗಳ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿದೆ.

2 u 1700-37 ಎಂಬುದರ ಸಂಗಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ 2.5 ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ.

2 u 0900-40 ಎಂಬುದರ ಸಂಗಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ 3 ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ.

SMC × –1 ಎಂಬುದರ ಸಂಗಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ 2 ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ.

ಸಿಗ್ನಸ್ × –1 (cygnus) × –1) ಎಂಬುದರ ಸಂಗಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ 8 ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕ.

ಇವು ಖಚಿತವಾದ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾದ ಅನೇಕ ಅಂಕಿ ಅಂಶ ಗಳನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು.

ಆದರೆ ಸಿಗ್ನಸ್ $\times-1$ (Cygnus $\times-1$) ಎಂಬ ಜಂಟಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಎಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಎಂದರೂ ನಾಲ್ಕು ಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವೇ ಇರಬೇಕು ಎಂಬ ನಿರ್ಧಾ ರಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು. ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ, ಇದು ಸೂಕ್ತ ವಿವರಣೆ ಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾದ ವಾದಗಳು ಇಲ್ಲವೆಂದಲ್ಲ. ವಿವಿಧ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇದರ ವಿವರಣೆಗೆ ವಿವಿಧ ಸ್ವರೂಪ ಅಥವಾ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಾರೆ. ಇಂತಹ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಯುಕ್ತವಾದ ಮೂಲ ನಕ್ಷತ್ರವು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮಂದವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಭಾರಿ ನಕ್ಷತ್ರದ (ಕಪ್ಪು ಸಂಗಾತಿ) ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದು. ಇನ್ನೊಂದು ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರವು ಒಂದು ಇಡೀ ಜಂಟಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತ ದೊಡ್ಡ ವಲಯಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವುದು. ಮತ್ತೊಂದು ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಯಾವುದೇ ಪದಾರ್ಥದಿಂದಾಗಲಿ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಹೊರಸೂಸುವುದಿಲ್ಲ. ಬದಲಿಗೆ ಎರಡು ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನಡುವೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಉಂಟಾಗಿದ್ದು ಈ ಎರಡೂ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಉಂಟಾ ಗಿದ್ದು ಈ ಎರಡೂ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯಿಂದ ಅವು ಪರ

ಸ್ಪರ ಹೊಸೆದು ಗಂಟು ಹಾಕುತ್ತಲೂ ಬಿಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಲೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವರಿಂದ ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ, ಅನಿಲವು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಚಿಮ್ಮುತ್ತದೆ. ನಾಲ್ಕನೆಯ ಮಾದರಿ ಕಾಲ-ಅಂತಕ್ಷದಲ್ಲಿ (Space Time) "ನಗ್ನ ಏಕತ್ವ" (naked singularity) ; ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ನಿಯಮ ಗಳಿಗೆ ಇದು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಮುಂದೆ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇದು. ಒಂದು ಮಾದರಿ—ಎಂದರೆ, ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ. ಇದಕ್ಕೆ, ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ವಿದೆ. ಇತರ ಮಾದರಿಗಳು ಹೀಗೆ ಮಾಡಲಾರದೆ ಬಿದ್ದು ಹೋಗಿವೆ. ಇದ್ದರೂ ಇವಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆ ನೀಡಬಲ್ಲ ಇತರ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದೋ ಏನೋ. ಆದ್ದ ರಿಂದ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರವನ್ನು ಹುಡುಕುವ ಹಂತವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಅಂಕಿ ಅಂಶ ಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತಾ ಹೋದ ಹಾಗೆ ಇತರ ಮಾದರಿಗಳು, ಕಾರಣಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಬಿದ್ದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಜಂಟಿಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರ. ಈ ರಂಧ್ರ ತನ್ನ ಸಂಗಾತಿಯಿಂದ ಅನಿಲವನ್ನು ಹೀರುತ್ತಿದೆ. ಇದನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಬೇಕು. 1971ರಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಜಂಟಿಗಳ ದೀರ್ಘ ಅಧ್ಯಯನ ಪ್ರಾರಂಭವಾಯಿತು. ಅಲ್ಲದೆ "ಉಹುರು" ಉಪಗ್ರಹದಿಂದ ದೊರೆತ ಮಾಹಿತಿಯಿಂದ ಕೆಲವು ಜಂಟಿಗಳು ಕ್ಷ-ಕಿರಣವನ್ನು ಬೀರುತ್ತಿವೆ ಎಂದೂ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಅಪ್ಲೈಡ್ ಮ್ಯಾಥಮಾಟಿಕ್ಸ್

ಮಾಸ್ಕೋವಿನಿಂದ ಶ್ರೀ ನಿಕೊಲಾಯ್ ಪಾಕುರಾ (N-kolow Shakura) ಮತ್ತು ರಷೀದ್ ಸನ್ಯೇವ್ (Rashid Sunyaev) ಅವರುಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಿಂಜ್ಲೆ (prinjle) ಹಾಗೂ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಜೆ. ರೀಸ್ (Martin J Rees) ಕೇಂಬ್ರಿಡ್ಜ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿದರು. ಅನಂತರ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನರ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಡೋನಾಲ್ಡ್ ಪೇಜ್ (Donald Page) ಮತ್ತು ಕಿಪ್. ಎಸ್. ಥಾರ್ನ್ (Kip S. Thorne) ಅವರುಗಳು (ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ವಿ. ವಿದ್ಯಾಲಯ), ಐಗಾರ್ ನೋವಿಕೋವ್(Igor Novikov) ಮತ್ತು ಆಂಡ್ರೀ ಪಾಲ್ನಾರೆವ್ (Andrei Palnarev) ಅವರುಗಳು ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್‌ಅಪ್ಲೈಡ್‌ಮ್ಯಾಥಮಾಟಿಕ್ಸ್ (ಮಾಸ್ಕೋ) ಹಾಗೂ ಕ್ರಿಸ್ಟೊಫರ್ ಕನ್ನಿಂಗ್ ಹ್ಯಾಮ್ (Christoper Cunningham) ಅವರೂ (ವಾಷಿಂಗ್ಟನ್ ವಿ. ವಿದ್ಯಾಲಯ) ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದರು. ಈ ಎಲ್ಲ ಅಧ್ಯಯನಗಳೂ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪುಷ್ಟೀ-ಕರಿಸಿದುವು.

ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ತೀವ್ರವಾದ ಆಕರ್ಷಣಾ ಶಕ್ತಿ, ಜೊತೆಗಿರುವ ಬೃಹತ್ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಸತತವಾಗಿ ಅನಿಲವನ್ನು ಹೊರಗೆ ಎಳೆದು, ಅದನ್ನು ಚದುರದಂತೆ, ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲು, ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಕೇಂದ್ರಾಪಗಾಮಿ ಬಲ (Centrifugal) ಮತ್ತು ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳು ಈ ರೀತಿ ಸುತ್ತುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಶನಿಗ್ರಹದ ಸುತ್ತ ಕಂಡುಬರುವಂಥ ತಟ್ಟೆಯ ಆಕಾರಕ್ಕೆ ತರುತ್ತವೆ. ಈ 'ತಟ್ಟೆಗಳು' ಪ್ರಮಾಣ

ದಲ್ಲಿ ಬಲುದೊಡ್ಡವು. ಒಮ್ಮೆ ಅನಿಲವು ಈ ತಟ್ಟೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟರೆ ಸಾಕು. ಯಾವ ಘರ್ಷಣೆಯೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಅದು ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದು. ಆದರೆ ಅನಿಲದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದರಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಅನಿಲವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತುತ್ತ ರಂಧ್ರದ ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಒಳಕ್ಕೆ ನುಸುಳುವ ವೇಗ, ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ವೇಗದ ಶೇಕಡ ಒಂದಂಶಕ್ಕಿಂತಲೂ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕೆಲವು ವಾರ ಅಥವಾ ತಿಂಗಳುಗಳು ಕಳೆದ ನಂತರ, ಕೋಟ್ಯಂತರ ಮೈಲಿಗಳ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿ, ಅನಿಲದ, ಪದರವು ತಟ್ಟೆಯ ಒಳತುದಿಗೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈಗ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ರಂಧ್ರದ ಆಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ತಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲದಂತಾಗಿ ಕ್ಷಣಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರದ ದಿಗಂತದಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ರಂಧ್ರದ ಒಳಗಡೆ ನೇರವಾಗಿ ಬಿದ್ದು ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ ಪದರವು ಘರ್ಷಣೆಗೊಳಗಾದಾಗ ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪದರವು ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಗೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ, ಅದನ್ನು ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿಸಿದ ನಕ್ಷತ್ರದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಷ್ಟೇ ಇರಬಹುದು, ಎಂದರೆ ಸುಮಾರು 25,000 ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್‌ನಷ್ಟು. ಅನಿಲವು ಒಳಕ್ಕೆ ನುಸುಳುತ್ತ ಹೋದ ಹಾಗೆ, ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ಇರುವ ಅನಿಲದೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದ ಅಪಾರವಾದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಗೆ ಅನಿಲವು ತಟ್ಟೆಯ ಒಳತುದಿಯಿಂದ ಇನ್ನೇನು ನೂರು ಕಿ. ಮೀ. ದೂರ

ವಿರುವಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿ ಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 4

ಬಿಸಿಯಾದ ಅನಿಲವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಮ್ಮಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಶೇ. 80 ಭಾಗ 'ಒಳಗಿನ' 200 ಕಿ.ಮೀ. ಭಾಗದಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ 20ರಷ್ಟು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ತಣ್ಣಗಿರುವ ಹೊರವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಇದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸತ್ವವಿಲ್ಲದೆ ಮಂದವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಈಗಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಏಕೆಂದರೆ ಇದು ಇತರ ಅಲ್ಟ್ರಾವಯಲೆಟ್ ಕಿರಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿ ಹೋಗಿ, ಮೂಲ ನಕ್ಷತ್ರದ ಕೋರೈಸುವ ಬೆಳಕಿನ ಮುಂದೆ ಏನೇನೂ ಇಲ್ಲ ದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಿಗ್ನಸ್ X–1 ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಎಂಬುದನ್ನು ದೃಢ ಪಡಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಇದರ ಪ್ರತಿ ಪಾದಕರು ತಾವು ಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು

ವಿವರವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಈಗ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮಸ್ಯೆ–ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿರುವ ಘರ್ಷಣೆ. ಈ ಘರ್ಷಣೆ ಸುರುಳಿ ಸುತ್ತುವ ಅನಿಲ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿದೆಯೇ ಅಥವಾ ಅನಿಲದ ಒಳಗಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿದೆಯೇ ಅಥವಾ ಇವೆರಡೂ ಇರಬಹುದೇ ಎಂಬುದು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರುವ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಘರ್ಷಣೆಯ ಮೂಲ ಕಾರಣ ತಿಳಿದರೂ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ರೀತಿ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವುಳ್ಳ ಅನಿಲ ಪ್ರವಾಹದ ಭೌತಿಕ ಗುಣಗಳು ಯಾವುವೂ ನಮಗೆ ಇದುವರೆಗೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗಿದ್ದರೂ ಸಹ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ತಟ್ಟೆಯ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳನ್ನಾದರೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ.

ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ತಟ್ಟೆಯ ಪ್ರತಿಭಾಗವೂ ಎಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಮ್ಮಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಘರ್ಷಣೆಯ ಮೂಲ ಕಾರಣವೇನೇ ಇರಲಿ, ಕಿರಣಗಳು ಒಳಗಿನ 200 ಕಿ.ಮಿ. ಪ್ರದೇಶದಿಂದಲೇ ಹೊರಹೊಮ್ಮಲು ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಪ್ರದೇಶದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಅದು ಹೊಮ್ಮಿ ಸುವ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳ (ವರ್ಣಫಲಕದ) ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಇಂಥಹ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ 5 ದಶಲಕ್ಷದಿಂದ 500 ದಶಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ್ (ಕೆಲ್ವಿನ್ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡಿನಂತೆ ಒಂದು ಅಳತೆಯ ಮಾನ, ಇದನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶ

ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ) ನಷ್ಟು ಇರುತ್ತವೆ. ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಈಗ ನಾವು ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಈ ವಿಷಯಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತವೆ. ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ನಿಂತ ತಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿ (ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಘರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ನಿಧಾನವಾದ ಪ್ರವಾಹ ಇರುತ್ತವೆ) ಇಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಬದಲಿಗೆ, ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಭಾಗ ತೆಳ್ಳಗೆ ಅರೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಸಾಧ್ಯ. ಅಲ್ಲದೆ ವೀಕ್ಷಣೆ ಯಿಂದ, ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವು ದಿಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಎರಡು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಗುಂಪಿನ ಮಧ್ಯೆ ಕಾಲಾವಕಾಶ ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಿಂದ ಅನೇಕ ದಿನಗಳ ವರೆಗೂ ಎಷ್ಟಾದರೂ ಇರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಬದಾವಣೆ ಯನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ತಟ್ಟೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅಪೇಕ್ಷಿಸ ಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಮತ್ತು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಇವುಗಳನ್ನು ತಾಳೆಹಾಕಿ ಕಿಪ್ ಎಸ್. ಥಾರ್ನ್ ಮತ್ತು ರಿಚರ್ಡ್ ಪ್ರೈಸ್ ಅವರು ಸಿಗ್ನಸ್ X–1 ನಕ್ಷತ್ರದ ತಟ್ಟೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿವರಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಕಟ್ಟಲು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಗಳಿಂದ ತೀರ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಲಾಗಿದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳನ್ನು ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಸಮೀಕ್ಷೆಯ ವರದಿಗಳು ಈ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳದಿದ್ದರೆ (ಇದಕ್ಕೆ "ನೆಗೆಟಿವ್ ಟೆಸ್ಟ್" ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ). ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಮತ್ತಷ್ಟು ಕಷ್ಟ ವಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಹೀಗೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವು ನೆಗೆಟಿವ್ ಟೆಸ್ಟ್‌ನಿಂದ

ಪಾರಾಗಿದೆ. ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದೂ ಬಿಟ್ಟುಕೊಡುವುದೂ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ. ಹೀಗೆ ಒಂದು ಮಾದರಿಯು ಅನೇಕ ನೆಗೆಟಿವ್ ಟೆಸ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ಪಾರಾಗಿ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿಗಳೂ ನಾಶವಾದಾಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅದನ್ನು ಗಂಭೀರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಕೇವಲ ನೆಗೆಟಿವ್ ಟೆಸ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ಸಿಗ್ನಸ್ X–I ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಎಂದು ಸಾಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಸನ್‌ಯೇವ್ ಒಂದು ಖಚಿತ ಪರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು (Positive Test) ರೂಪಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇತರ ಪ್ರತಿಪಾದಕರು ಇಂತಹ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗಾಗಿ ಹುಡುಕಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದ "ಜ್ವಾಲೆ"ಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ಈ ಜ್ವಾಲೆಗಳು ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಭಾಗದ 100 ಕಿ.ಮೀ. ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಹುಟ್ಟುವ "ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶ" (hot spots) ಗಳಿಂದ ಉಂಟಾದವು. ನಮಗೆ ಇದುವರೆಗೂ ಇಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಏಕೆ ಹುಟ್ಟುತ್ತವೆ ಅಥವಾ ಅಳಿಯುತ್ತವೆ ಎಂಬುದುಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆ ದೊರೆತಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಮ್ಮೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣಪ್ರದೇಶವು ಹುಟ್ಟಿದರೆ, ಅದು ಒಂದು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಮಾತ್ರ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ (ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲವೂ ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಹಾಕುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿದೆಯಷ್ಟೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಈ ಪ್ರದೇಶಗಳೂ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ.) ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳ ಕಾಂತಿ ಪುಂಜ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಿಯಂತ್ರಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಪ್ರದೇಶವು ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಹಾಕಿದರೆ, ಪುಂಜವೂ

ಅದೇ ರೀತಿ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಹಾಕುತ್ತದೆ. ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಈ ರೀತಿ ಒಟ್ಟಾಗಿ ಒಂದು ಪುಂಜವಾಗಲು, ಅವು ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ರೀತಿ ಒಂದು ಕಾರಣ. ಇನ್ನೊಂದು ಕಾರಣ ರಂಧ್ರದ ಆಕರ್ಷಣಶಕ್ತಿ. ಅಲ್ಲದೆ ಡಾಪ್ಲರ್ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶವು ನಮಗೆ ಸಮೀಪವಾದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಖರವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ದೂರ ಸರಿದಂತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಂದವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಷ್ಣಪ್ರದೇಶ ದಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವಿಕೆ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ; ಬದಲಿಗೆ ಸ್ಫೋಟಗೊಂಡಂತೆ ಹೊಮ್ಮುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಎರಡು ಸ್ಫೋಟ ಗಳ ನಡುವೆ ಕಾಲಾಂತರವು, ಉಷ್ಣಪ್ರದೇಶವು ಒಂದು ಪ್ರದ ಕ್ಷಿಣೆ ಹಾಕಲು ಬೇಕಾದ ಕಾಲಾವಧಿಗೆ ಸಮ. ಹೀಗೆ ಈ ಮಾದರಿಯು ತುಡಿತಗಳ ಉಪಸ್ವರೂಪವನ್ನು (substructure of pulses) ಈ ಜ್ವಾಲೆಗಳು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸು ತ್ತದೆ.

ಇಂತಹ ತುಡಿತಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ತುಡಿತಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ. ಮತ್ತು ರಂಧ್ರದ ದ್ರವ್ಯವು ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾದರೆ, ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶದ ಪರಿಧಿಯ ಸುತ್ತಳತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದ ರಿಂದ ತಟ್ಟೆಯ ಒಳಭಾಗದ ಸುತ್ತಳತೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ರಂಧ್ರವು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ವೇಗವನ್ನೂ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ಎಂಟರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯವುಳ್ಳ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ತುಡಿತಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಕಾಲಾವಧಿ ನಿಶ್ಚಲವಾದ ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ($a=0$) 3.6 ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಹಾಗೂ ಅತ್ಯಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತುವ ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ($a=0.98$) 0.6 ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡುಗಳೂ ಇರಬೇಕು.

ಆದರೆ ವೀಕ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ತುಡಿತಗಳು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲದಿರಬಹುದು. ಉಷ್ಣಪ್ರದೇಶ ರಂಧ್ರದಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರವಿದ್ದು (ಸುಮಾರು 100 ಕಿ.ಮೀ.) ತುಡಿತವುಳ್ಳ ಜ್ವಾಲೆಗಳನ್ನು ಹೊಮ್ಮಿಸದೇ ಇರಬಹುದು. ಮತ್ತು ಡಾಪ್ಲರನ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತೋರದಿರಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅವು ಬಹುದೊಡ್ಡ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟಿ ಒಂದು ಉಂಡೆಯಂತೆ ತಟ್ಟೆಯ ಸುತ್ತ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಸಿಗ್ನಸ್ X-I ಒಂದು ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರ ಎಂಬ ವಾದಕ್ಕೆ ಇವೆಲ್ಲ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕ್ಷ–ಕಿರಣದ ಜ್ವಾಲೆಗಳು ತುಡಿತದ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಣಬೇಕು ಎಂದೇನೂ ನಿಯಮವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಂದು ವೇಳೆ ಅಂತಹ ಜ್ವಾಲೆಗಳು ಕಂಡು ಬಂದಲ್ಲಿ, ಅವು ಸನ್‌ಯೇವರ ಸೀಮಿತ ಪರಿಮಿತಿಯೊಳಗೆ ಮಾತ್ರ ತುಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ.

ತುಡಿತವುಳ್ಳ ಜ್ವಾಲೆಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ವಿಶೇಷವಾದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣದ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರ ಅಗತ್ಯ. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗಿಂತಲೂ ಕಡಮೆ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಇರಬೇಕು ಮತ್ತು ಸಲೆ 10,000 ಚ. ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಇರಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಒಂದೇಬಾರಿಗೆ ಕ್ಷ-ಕಿರಣವ "ಫೋಟಾನ್" (photon) ಎಂಬ ಕಣಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ಎಣಿಸಲು, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಿರಬೇಕು. ಇಂತಹ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು "ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಖಗೋಳ ವೀಕ್ಷಕ ಉಪಗ್ರಹ" (High Energy Astronomical Observatory) Satellite (HEADS), ನ್ಯಾಸಾ (NASA) ದಿಂದ ಸುಮಾರು 1971ರ ವೇಳೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಹೊರಗೆ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ

ಉಡಾಯಿಸುವ ಯೋಜನೆಯಿದೆ. ಅಲ್ಲಿಯು ತನಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ರಾಕೆಟ್ ಅಥವಾ ಬಲೂನುಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಅಲ್ಪಕಾಲದ ಮಾಹಿತಿಯಲ್ಲೇ ತೃಪ್ತರಾಗಬೇಕು.

ಇಂತಹ ಮೊದಲ "ಇಣಿಕು" 1973 ಅಕ್ಟೋಬರ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕಿತು. ಸುಮಾರು 0.1 ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು ಕಾಲದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣದ ಜ್ವಾಲೆಗಳನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ 0.32 ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು ಕಾಲ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಸುಮಾರು 1,300 ಚ. ಸೆ.ಮಿ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹಿರಿದಾದ ಜ್ವಾಲೆಗೆ ತುಡಿತದ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಇರುವುದು ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಎಣಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಪಾದಕರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಮಾದರಿಗಳನ್ನೂ ಇತರರು ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವಲ್ಲದ ಮಾದರಿಗಳನ್ನೂ ರಚಿಸುತ್ತಾ ಕಾಲ ಹಾಕುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಕೆಲವರು ಸಿಗ್ನಸ್ X-1 ರನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ; ಇತರರು ಬೇರೆಡೆಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವಕಾಶಗಳು ಬೇಕಾದಷ್ಟಿದ್ದರೂ, ಒಂದಕ್ಕೂ ಸರಿಯಾದ ಸಾಕ್ಷ್ಯಗಳು ಈವರೆಗೆ ದೊರೆತಿಲ್ಲ. ಎಪ್ಸಿಲಾನ್ ಆರಿಗೇ (Epsilon Aurige), ಬೀಟಾ ಲೈರೇ (Beta Lyrae) ಮುಂತಾದ ಇತರ ಜಂಟಿಗಳಲ್ಲಿ, ನಕ್ಷತ್ರದ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯದ ನಾಲ್ಕು ಪಟ್ಟಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅಪಾರ ದರ್ಶಕ ಚಕ್ರದಿಂದ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇಲ್ಲಿನ ನೋಟಕ್ಕೆ, ಈ ಚಕ್ರವು ಕಾಲಾನುಗುಣವಾಗಿ ಮೂಲ ನಕ್ಷತ್ರದ ಕಾಂತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎ.ಜಿ.ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ಕೇಮರಾನ್ (A.G.W. Cameron, Harvard College Observatory) (ಹಾರ್ವರ್ಡ್ ವಿ. ವಿ. ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ) ಮತ್ತು

ಎಡ್ವರ್ಡ್ ಡೆವಿನ್ನೀ, ದಕ್ಷಿಣ ಫ್ಲಾರಿಡಾ ಫಿ.ವಿ. (Edward Devinney) ಅವರು, ಈ ತಟ್ಟೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಬೃಹತ್ ವಸ್ತುಗಳು ಕಪ್ಪುರಂಧ್ರಗಳಾಗಿರಬಹುದು ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇತರ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಅಷ್ಟೇ ಉತ್ತಮವಾದ ಇತರ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನೂ ನೀಡಿದ್ದಾರೆ.

ಇದು ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ರಷ್ಯಾದ ವಿ.ಎಫ್. ಸ್ಕ್ವರ್ಟ್ಸ್‌ಮಾನ್ (V. F. Schwartzman) ಅವರು ಸಂಗಾತಿಯೇ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಕ್ಕಾಗಿ ಶೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಏಕಾಂಗಿಯಾದ ರಂಧ್ರವು ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿನ ಅನಿಲವನ್ನು ಹೀರುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಮಿಣುಕುವ ಕಾಂತಿ (ಅವಧಿ-ಕೆಲವು ಮಿಲಿಸೆಕೆಂಡುಗಳು) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ದುರದೃಷ್ಟವಶಾತ್ ಇದರ ಕಾಂತಿ ಸೂರ್ಯನ ಕಾಂತಿಯ ಶೇ. 1ರಷ್ಟೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ ಇಂತಹ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದ ರಂಧ್ರವೂ ಕಾಂತಿ ವರ್ಷಗಳಷ್ಟು ದೂರವಿರುವುದರಿಂದ, ಅದು ಒಂದು ಕಾಂತಿಹೀನ, ವಿಪರೀತ ಮಿಣುಕುವ ನಕ್ಷತ್ರದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ರಂಧ್ರವನ್ನೂ ಅದರ ಮಿಣುಕುವಿಕೆಯನ್ನೂ ಖಚಿತ ಪಡಿಸಲು ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವೂ ತುಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಸಾಧನಗಳೂ ಬೇಕು. ಪ್ರಸ್ತುತ ಅವರು ಕ್ರಿಮಿಯನ್ ಖಗೋಳ-ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ (Crimean Astro-physical Laboratory) ದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೇನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗುತ್ತಿರುವ 240" ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ನಕ್ಷತ್ರದ ಕುಸಿತದಿಂದ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಅಲೆಗಳು (gravitational waves) ಭಾರೀ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಿಡಿದು ಹೊರಹೊಮ್ಮಬೇಕು, ಈಗಿರುವ ಮೊದಲ ಹಂತದ ಆ್ಯಂಟೆನಾ (Antenna) ಗಳಿಂದ ಕೇವಲ ನಮ್ಮ ನಕ್ಷತ್ರಕೂಟದ ಸಿಡಿತಗಳನ್ನಷ್ಟೇ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಹುದು. ನಮ್ಮ ನಕ್ಷತ್ರ ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಿಗೊಮ್ಮೆ ಮಾತ್ರ ಇಂತಹ ಸ್ಫೋಟ ವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ತಯಾರಾಗುತ್ತಿರುವ ಸ್ಟಾನ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿ.ವಿ. ಹಾಗೂ ಮಾಸ್ಕೋ ವಿ.ವಿ.ಗಳ ಎರಡನೆಯ ಹಂತದ ಆ್ಯಂಟೆನಾಗಳು ಕನ್ಯಾರಾಶಿಯ 2500 ನಕ್ಷತ್ರ ಕೂಟಗಳ ಸ್ಫೋಟಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಹುದು. ಮೂರನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಆ್ಯಂಟೆನಾಗಳು ಇನ್ನೂ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿದ್ದು ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲವು. ಅಲ್ಲದೆ,ಪ್ರತಿಪಾದಕರು ವೃಶ್ಚಿಕ ರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು ಪ್ರತಿವರ್ಷ ಹುಟ್ಟುತ್ತಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇಂತಹ ಹೊಸ ರಂಧ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಆಕರ್ಷಣಾ ಶಕ್ತಿಯ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ, ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವುದರಿಂದ, ನಮಗೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಜನನದ ಬಗ್ಗೆ ಖಚಿತವಾದ ವಿವರಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಆಗತಾನೇ ಹುಟ್ಟಿದ ರಂಧ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ಗಹನವಾದ ವಿವರಗಳೂ ತಿಳಿಯುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆಲ್ಲ ಒಂದು ದಶಕವಾದರೂ ಕಾಯಬೇಕು.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಾವು ಸಾಧಾರಣ ನಕ್ಷತ್ರ – ಎಂದರೆ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಮೂರರಿಂದ 60 ರಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯವುಳ್ಳ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾತ್ರ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ರಾಕ್ಷಸಾಕಾರದ ರಂಧ್ರಗಳೂ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ರಂಧ್ರಗಳೂ ಸಹ

ಇರಬಹುದು. ಡೊನಾಲ್ಡ್ ಲಿಂಡನ್‌ಬೆಲ್ (ಕೇಂಬ್ರಿಡ್ಜ್, ವಿ.ವಿ.) ಅವರ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರ ಕೂಟದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿದ್ದು ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಸ್ಫೋಟವುಂಟಾಗಬಹುದು. ಇದು ನಿಜ ವಾದರೆ ನಮ್ಮ ಕೂಟದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಬೃಹದಾ ಕಾರದ ರಂಧ್ರವಿರಬಹುದು. ಹಿಂದೆ ಉಂಟಾದ ಸ್ಫೋಟದ ಅವಶೇಷದಂತೆ ಇದು ಉಳಿದಿರಬಹುದು. ಇದರ ದ್ರವ್ಯ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಕೆಲವು ನೂರು ಮಿಲಿಯನ್ ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಸುತ್ತಳತೆ 2 ಬಿಲಿಯನ್ ಕಿ. ಮಿ. ನಷ್ಟಿರಬಹುದು. ಇಂತಹ ರಂಧ್ರ ಇತರ ಕೂಟಗಳಿಂದ ಬರುವ ಕಾಂತಿಯನ್ನೂ ಅನಿಲವನ್ನೂ ಹೀರಿಕೊಂಡು ತನ್ನ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಬೃಹದಾಕಾರದ ಚಕ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಚಕ್ರವು, ಹಿಂದೆ ನಾವು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ ಚಕ್ರದಂತೆಯೇ ಇದ್ದು ರೇಡಿಯೋತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ ಇಂತಹ ಅನೇಕ ರೇಡಿಯೋ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೇನೋ ಕಂಡು ಬಂದಿವೆ. ಆದರೆ ಅವಕ್ಕೆ ಹೊಂದುವ ಇತರ ವಿವರಣೆಗಳೂ ಇರುವುದರಿಂದ ಖಂಡಿತವಾಗಿ ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ರೀತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮರಂಧ್ರಗಳೂ ಇರಬಹುದು. ಸಾಧಾಣವಾಗಿ ತುಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ರಂಧ್ರಗಳು ಉದ್ಭವಿ ಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಹಾಕಿಂಗ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ ಬೃಹತ್ ಸ್ಫೋಟದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅಲ್ಲೋಲ ಕಲ್ಲೋಲದಿಂದ ಕೋಟ್ಯಂತರ ಪುಟಾಣಿ ರಂಧ್ರಗಳು ಹುಟ್ಟಿರ ಬಹುದು. ಆದರೆ ಇವುಗಳ ವರ್ತನೆ ಮಾತ್ರ ತೀರ ಭಿನ್ನವಾಗಿರು ತ್ತದೆ (ಸಾಧಾರಣ ರಂಧ್ರಗಳಿಗಿಂತ). ಇಂತಹ ಯಾವುದೇ

ರಂಧ್ರದ ದ್ರವ್ಯ 10^{16} ಗ್ರಾಂಗಳಿಗಿಂತ (ಎಂದರೆ ಸಮುದ್ರದ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಬರ್ಫಕ್ಕಿಂತ) ಕಡಮೆಯಿದ್ದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಮೆಕಾನಿಕ್ಸ್ (quantum mechanics) ನ ಕೆಲವು ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಅದು ಕಾಂತಿ ಮತ್ತು ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆ ತೂರಿ ನಾಶವಾಗಬೇಕು. (ಈ ನಿಯಮಗಳು ದೊಡ್ಡ ರಂಧ್ರಗಳಿಗೆ ಅಷ್ಟಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ). ಆದ್ದರಿಂದ 10^{15} ಗ್ರಾಂಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಮೆ ದ್ರವ್ಯವುಳ್ಳ ರಂಧ್ರಗಳು ಈಗಾಗಲೇ ನಾಶವಾಗಿರಬೇಕು. ಮತ್ತು 10^{15} ರಿಂದ 10^{16} ಗ್ರಾಂವರೆಗೆ ದ್ರವ್ಯವುಳ್ಳ ರಂಧ್ರಗಳು ಈಗ ನಾಶವಾಗುತ್ತಾ ಬಂದಿರಬೇಕು. ಕೊನೆಯ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರವು, ಕಪ್ಪಾಗಿ, ಅಗೋಚರವಾಗಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಬದಲಿಗೆ, ಉರಿಯುವ ಚೆಂಡಿನಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದು ಇಡೀ ಭೂಮಿಗೆ ಅನೇಕ ದಶಕಗಳಿಗೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಮ್ಮಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಅದರೂ ಗಾತ್ರ ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಒಳಗೆ ನುಸುಳುವಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಹಾಕಿಂಗ್ ಅವರ ತತ್ವಗಳು ರೂಪಗೊಂಡು ಇನ್ನೂ ಒಂದು ವರ್ಷವೂ ಆಗಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಅವರು ಪೇಜ್ (Page) ಅವರೊಂದಿಗೆ, ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಗಾಮಾ ಎಂಬ ವಿಶೇಷ. ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಫೋಟಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳ ಸ್ಫೋಟವೇ ಕಾರಣ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದ್ದಾರೆ. [ಇದನ್ನು ವೇಲಾ (Vela) ಮಾಲೆಯ ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಪಕರಣಗಳು ಗುರುತಿಸಿವೆ].

ಕೊನೆಯ ಮಾತು: ಈಗಿರುವಂತೆ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು

ಇರಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳು ಅಥವಾ ಅವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು – ಇವು ಇನ್ನೂ ಅಪೂರ್ಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಖಚಿತವಾಗಿ ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.ಇಷ್ಟೊಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರತಿಪಾದಕರು, ಅವರನ್ನು ವೀಕ್ಷಕರು ಎಚ್ಚರಿಸುವ ತನಕವೂ ಏನೆಲ್ಲಾ ಊಹಾಪೋಹಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ "ಹುಡುಕುವುದು" ಎಷ್ಟು ಕಠಿಣ ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ತಕ್ಷಣ ಯಾವ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನೂ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದೆ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಡೆದಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನೂ ತಾಳೆ ಹಾಕಿ ನೋಡಿದರೆ, ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಭವಿಷ್ಯ ಆಶಾಜನಕವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಮಾತ್ರ ಹೇಳಬಹುದು. ಕಳೆದ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ (1975) ಭಾರತದ ಉಪಗ್ರಹ "ಆರ್ಯಭಟ"ವನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಿಟ್ಟನಂತರ, ಇದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಂಶಗಳ ಸಂಗ್ರಹದಿಂದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತಿಳುವಳಿಕೆಯು ಬರುವ ಆಶಾಭಾವನೆ ಇದೆ.— ಭಾರತದ ಉಪಗ್ರಹವು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವ ಕೆಲವೇ ದಿನಗಳನಂತರ, ಸಿಗ್ನಸ್-ನಕ್ಷತ್ರದ ಸಮೂಹದಿಂದ ಬರುವ ವಿಕಿರಣದ ಪ್ರಭೆಯು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ವಿಕಿರಣವು ಉಪಗ್ರಹದಿಂದ ಗ್ರಹಣವಾಗಿ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಣ ವೀಕ್ಷಕ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ X–ಕಿರಣಗಳ ಸಂಕೇತಗಳು ಗೋಚರವಾದುವು. ವಿಕಿರಣ ವಣಗಪಟಲದಲ್ಲಿ ದುರ್ಬಲ X–ಕಿರಣಗಳು ಮಾತ್ರವಿದ್ದು, ನಕ್ಷತ್ರಕೂಟದಲ್ಲಿ ದಿಢೀರನೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾದಾಗ, ಶಕ್ತಿ

ಯುತ X–ಕಿರಣಗಳು ಹೊರಬೀಳಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಈ X–ಕಿರಣಗಳು ದುರ್ಬಲ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯುತ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರಬಹುದು ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಶೀಲನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ 'ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ' ರಚನೆಯು ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಜ್ಞಾನವು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುವುದೆಂಬ ಭರವಸೆ ಇದೆ.

ಅನುಬಂಧ

(ಚಿತ್ರಗಳ ವಿವರಣೆ)

ಚಿತ್ರ (1) ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದ ಒಂದು ಮಾದರಿ (ಸಿಗ್ನಸ್ X-1 ಜಂಟಿ)

(a) ಅನಿಲವು ಸಂಗಾತಿ ನಕ್ಷತ್ರವಾದ HDE 226868 ರಿಂದ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರದತ್ತ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವುದು. ಅನಿಲವು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಮಯಕ್ಕೆ ರಂಧ್ರವು ಆ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಮುಂದೆ ತನ್ನ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವು ವರ್ತುಲಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತ ಒಂದು ತಟ್ಟೆಯ ಆಕಾರವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ.

(b) ತಟ್ಟೆಯ ವಿಸ್ತೃತ ಸ್ವರೂಪ. ರಂಧ್ರದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ತಟ್ಟೆಯೊಳಗಿನ ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಕುಚಿತಗೊಳಿಸಲು ಯತ್ನಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲದ ಒಳಗಿರುವ ಉಷ್ಣ ಜನ್ಯ ಒತ್ತಡಗಳು ಅನಿಲವನ್ನು ವಿಸ್ತೃತಗೊಳಿಸಲು ಯತ್ನಿಸುತ್ತವೆ, ಆದರೆ (c) ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ "ಉಬ್ಬು" ಮಾತ್ರ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿಗೆ ತಟ್ಟೆಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ರಂಧ್ರದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು. (c)

(c) ತಟ್ಟೆಯ "ತುದಿ"ಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಜನ್ಯ ಒತ್ತಡಗಳು "ಉಬ್ಬಿನ" ಸುತ್ತ ಇರುವ ಒತ್ತಡಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚು. ಆದರೆ ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿದ್ದು, ಅನಿಲವು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಕುಚಿತವಾಗದಂತೆ ತಡೆಯುತ್ತದೆ.

(d) ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ರಂಧ್ರದ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ, ಸುಮಾರು 100 ರಿಂದ 200 ಕಿ.ಮೀ.ನ ಒಳಗಿನ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ. 100 ಕಿ.ಮೀ.ನ. ಒಳಗಿನ ಪ್ರದೇಶ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ (2) ಅಂತರಿಕ್ಷವು ತೀವ್ರವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಈ ರೀತಿ ಬಗ್ಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂತರಿಕ್ಷದ "ತುದಿ"ಗಳು ಹೊರಗೆ ಮಡಿಚಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರ (3) ಮೂರು ವಿವಿಧ ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು.

(i) ಮೊದಲನೆಯ ರಂಧ್ರವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ನಿಂತಿದ್ದು. ಅದರ ದಿಗಂತವು ಸಂಪೂರ್ಣ ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ($a = 0$)

(ii) ಎರಡನೆಯ ರಂಧ್ರವು ಸಾಧಾರಣ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಬುಗುರಿಯಂತೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದು ಅದರ ಧ್ರುವಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕೇಂದ್ರದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ದಿಗಂತವು ಸಂಪೂರ್ಣ ವೃತ್ತಾಕಾರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ($= 0.866$)

(iii) ಮೂರನೆಯ ರಂಧ್ರವು ತೀವ್ರವಾದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದು ಅದರ ದಿಗಂತವು ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ದಿಗಂತವು ನಾವು ನಿತ್ಯ ನೋಡುವ ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕಿಂತ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೇರೆಯೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೂರು ವಿವಿಧ ತಟ್ಟೆಗಳು

(i) ನಿಶ್ಚಲವಾದ ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಇರುವ "ತಟ್ಟೆ". ತಟ್ಟೆಯ ಒಳತುದಿಯ ಮಿತಿಯು ರಂಧ್ರದ ವೇಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ಸಾಧಾರಣ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಇರುವ ತಟ್ಟೆ. ಇದರ ತುದಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಸ್ತೃತಗೊಂಡಿದೆ. (ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಿತಿಯವರೆಗೆ)

(iii) ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ರಂಧ್ರದ ಸುತ್ತ ಇರುವ ತಟ್ಟೆ. ಇದರ ತುದಿಯು ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿಸ್ತೃತಗೊಂಡಿದೆ. (ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯ ಮಿತಿಯು ಹೆಚ್ಚಿದೆ.)

ಚಿತ್ರ (4) ತಟ್ಟೆಯ ಕಾವೇರಿದ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು. ಇವು ಶಂಕುವಿನ ಆಕಾರದಲ್ಲಿದ್ದು ತಟ್ಟೆಯು ತಿರುಗುವಾಗ ಈ ಶಂಕುವೂ ಸಹ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದು ಒಂದು ವೃತ್ತವನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ತಿರುಗುವುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಈ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣ ಮಟ್ಟದ ಏರಿಕೆಯೂ ಮಧ್ಯೆ ಮಧ್ಯೆ "ತುಡಿತ"ಗಳೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಪರಿಣಾಮ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ತುಡಿತವುಳ್ಳ ಹೊಳಪು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಪದಗಳು

1) Accretion Disc = ತಟ್ಟೆ.
2) Horizon = ದಿಗಂತ.
3) Edge of Accretion Disc = ತಟ್ಟೆಯ ತುದಿ.

ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸ ಮಾಲೆ

1.	ನಗೆಯ ನೆಲೆ	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
2.	ನಕ್ಷತ್ರ ಲೋಕ	ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
3.	ಭಯ-ಸರಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ	ಎಂ. ಶಿವರಾಂ
4.	ಶ್ರೀ ಕವಿ ಲಕ್ಷ್ಮೀಶ	ಜಿ. ಎಸ್. ಸಿದ್ಧಲಿಂಗಯ್ಯ
5.	ಶಾಂತಿನಾಥ ಕವಿ	ಕಮಲಾ ಹಂಪನಾ
6.	ಉತ್ತಂಗಿ ಚನ್ನಪ್ಪ	ಸ. ಸ. ಮಾಳವಾಡ
7.	ಬಯಲಾಟಗಳು	ಚಂದ್ರಶೇಖರ ಕಂಬಾರ
8.	ನಾಟಕದಲ್ಲಿ ನವ್ಯತೆ	ಪಿ. ಲಂಕೇಶ್
9.	ದ್ರಾವಿಡ ಸಂಖ್ಯಾವಾಚಕಗಳು	ಹಂಪ. ನಾಗರಾಜಯ್ಯ
10.	ಉಪಭಾಷೆ	ಕೃಷ್ಣ ಪರಮೇಶ್ವರ ಭಟ್ಟ
11.	ಅರವಿಂದರ ವಿಚಾರಧಾರೆ	ಸಿ. ಕೆ. ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ
12.	ಪೂರ್ಣಯೋಗಿ ಶ್ರೀ ಅರವಿಂದರು	ಕೋ. ಚನ್ನಬಸಪ್ಪ
13.	ಪ್ರಾಚೀನ ಸಂಸ್ಕೃತಿ	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
14.	ಪ್ರಾಚೀನ ಭಾರತದ ಆರ್ಥಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ	ಎನ್. ಜಿ. ಚಂದ್ರಶೇಖರಯ್ಯ
15.	ಸಣ್ಣ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳು	ಆರ್. ಎಸ್. ಆರಾಧ್ಯ
16.	ವಿವಾಹ ಪದ್ಧತಿಗಳು	ಎಸ್. ಕೆ ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್
17.	ಪಾನೀಯಗಳು	ಕೆ. ಎಸ್. ಲಕ್ಷ್ಮಣರಾವ್
18.	ಚಂದ್ರಲೋಕ ಯಾತ್ರೆ	ಪಿ. ಎಸ್. ವೆಂಕಟಸ್ವಾಮಿಶೆಟ್ಟಿ
19.	ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ	ಬಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
20.	ದೂರದರ್ಶನ	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
21.	ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಗಳು ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕಗಳು	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
22.	ಕುರುಡು	ಎಸ್. ಟಿ. ಪುಟ್ಟಣ್ಣ
23.	ಕಣ್ಣಿನ ರೋಗಗಳು	ಎಸ್. ಟಿ. ಪುಟ್ಟಣ್ಣ
24.	ಕ್ಷಯ	ಎಂ. ಬಸವರಾಜೆ ಅರಸು
25.	ಮೂತ್ರಪಿಂಡದ ಕೆಲವು ರೋಗಗಳು	ಎಂ. ಬಸವರಾಜೆ ಅರಸು
26.	ಉಕ್ಕು : ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ರಚನೆ	ಕೆ. ಆರ್. ಮೋಹನ್
27.	ನೀರಾವರಿ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು	ಕೆ. ಎನ್. ಶಿವಶಂಕರರಾವ್
28.	ಅಂತರ್ಜಲ	ಸಿ. ನಾಗಣ್ಣ
29.	ಪಂಪ	ತ. ಸು. ಶಾಮರಾಯ
30.	ದೇಹರಚನೆ ಹಾಗೂ ಮೂಳೆಗಳು	ಎಸ್. ಬಿ. ವಸಂತ ಕುಮಾರ್
31.	ಶ್ರೀನಿವಾಸ ರಾಮಾನುಜನ್	ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
32.	ಮಹಾಕವಿ ಕುಮಾರನಾಶಾನ್	ಬಿ. ಕೆ. ತಿಮ್ಮಪ್ಪ, ಟಿ. ವೆಂಕಟ
33.	ತುಳ್ಳಲ್‌ಕವಿ ಕುಂಜನ್ ನಂಬಿಯಾರ್	ಬಿ. ಕೆ. ತಿಮ್ಮಪ್ಪ, ಟಿ. ವೆಂಕಟ
34.	ಪರಾಮಾನಸಶಾಸ್ತ್ರ	ಎಸ್. ಕೆ. ರಾಮಚಂದ್ರರಾವ್